

Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme

Spatial models for mobile context-aware systems

Kurt Rothermel¹, Martin Bauer, Christian Becker

Die Entwicklungen im Bereich der Sensortechnologie erlauben eine zunehmende Miniaturisierung von Sensorplattformen. Diese können in Alltagsgegenstände integriert werden und Umgebungsinformationen durch drahtlose Kommunikation bereitstellen. Führt man die erfassten Sensordaten zusammen und ordnet diese Informationen Orten in räumlichen Modellen zu, entstehen Umgebungsmodelle. Die Erforschung von Methoden und Verfahren für die Erstellung, das Management und die Nutzung der Föderation solcher Umgebungsmodelle ist Ziel des Sonderforschungsbereichs 627 an der Universität Stuttgart.

The progress in sensor technologies allows the miniaturization of sensor platforms. Integrated into everyday objects such platforms provide information about their physical environment. The integration of such information into spatial models leads to world models. The research objective of the Center of Excellence (SFB) 627 at the University of Stuttgart is to provide the methodological foundations for the generation, management, and usage of federated world models.

¹ Kurt.Rothermel@informatik.uni-stuttgart.de

1. Einleitung

Die rasant fortschreitenden Entwicklungen der Mobilkommunikation, der Sensorsysteme und der multifunktionalen mobilen Endgeräte bilden die technische Grundlage für ein breites Spektrum innovativer Anwendungen. Sensorsysteme werden einen Verbreitungsgrad erreichen, der über den der Rechnersysteme noch deutlich hinausgehen wird. Sensoren werden stationär installiert und Bestandteil unserer Umgebung sein. Sie werden aber auch in großer Anzahl in mobilen Endgeräten und Gegenständen des privaten und beruflichen Lebens integriert sein. Zur Erfassung von Kontextinformation wird eine Vielzahl unterschiedlichster Sensorsysteme zur Verfügung stehen.

Die Gesamtheit dieser Sensoren wird ein riesiges Volumen an Kontextinformation erfassen, deren Integration in ein Umgebungsmodell ein enormes Potenzial für innovative Anwendungen hat. Hierzu gehören unter anderem Navigations-, Tracking- und Monitoring-Anwendungen aller Art. Kontextbezogene Anwendungen nutzen Umgebungsmodelle, um dem Benutzer die in seinem aktuellen Kontext (z.B. Ort, Orientierung, Geschwindigkeit) relevante Information anzubieten und diese kontextspezifisch zu repräsentieren. In Anwendungen aus dem Bereich des „Sentient Computing“ werden Aktionen des Nutzers in der realen Welt in das Umgebungsmodell projiziert, wo sie eventuell Ereignisse auslösen, die über Aktoren wiederum Aktionen in der Realität zur Folge haben.

Trotz seiner offensichtlichen Vorteile ist ein homogenes, sämtliche Sensordaten integrierendes Umgebungsmodell hochgradig unrealistisch. Vielmehr muss man davon ausgehen, dass es eine Vielzahl heterogener Umgebungsmodelle geben wird und nur durch Föderationskonzepte eine globale Sicht auf die Gesamtheit der Umgebungsinformation realisiert werden kann. Für eine Föderation sprechen viele Gründe, wie etwa die stark unterschiedliche geographische Relevanz von Modellinformation, unterschiedliche Modellierungsgegenstände und Detaillierungsgrade, verschiedene Modellierungsmethoden und nicht zuletzt Organisations- und Sicherheitsaspekte.

Man kann davon ausgehen, dass es – analog zum heutigen Web – viele Dienstanbieter geben wird, die Umgebungsmodelle in diese Föderation einbringen werden. Dies wird dazu führen, dass es Modelle geben wird, die sich geographisch überlappen und dadurch gegenseitig ergänzen, beispielsweise ein Modell mit Stadtplaninformationen und der Detailplan eines Gebäudes in derselben Stadt. Eine Überlappung von Modellen kann aber auch zu Redundanzen und Inkonsistenzen führen, die von der Föderation erkannt und aufgelöst werden müssen.

Die Interpretation der meisten Kontextparameter – insbesondere die von Ortsinformation – setzen ein mehr oder weniger detailliertes Umgebungsmodell voraus. Am deutlichsten wird dies bei Navigationssystemen, die den Leitweg ausgehend vom aktuellen Aufenthaltsort auf der Grundlage von Karten ermitteln. Soll es in einem sogenannten „*Situated Information Space*“ möglich sein, Plätze, Straßen, Gebäude und Räume mit Informationen zu verknüpfen und somit Informationsräume an Orte zu binden, muss das zugrunde liegende Umgebungsmodell solche Objekte enthalten. Sollen außerdem Personen oder Fahrzeuge mit Information verknüpft werden, so muss das Umgebungsmodell um mobile Objekte ergänzt werden. Die von Sensoren erfassten Ereignisse in der realen Umgebung können nur auf der Grundlage eines geeigneten Modells interpretiert und die erforderlichen Aktionen abgeleitet werden. Schließlich muss bei *Tracking*- und *Monitoring*-Anwendungen die durch Sensoren erfasste Positions- bzw. Zustandsinformation realen Objekten zugeordnet werden können, was wiederum ein Umgebungsmodell voraussetzt.

Aktuell verfügbare kontextbezogene Anwendungen haben meist nur sehr einfache Umgebungsmodelle, die anwendungsspezifisch realisiert sind. Diese Modelle sind überwiegend statischer Natur und/oder erfassen nur einen sehr eingeschränkten Ausschnitt der realen Welt. Sobald man komplexere und umfassendere Modelle zugrunde legt, steigt der Aufwand für die Modellrealisierung beträchtlich. Diese Beobachtung legt es nahe, generische Umgebungsmodelle zu entwickeln und diese einem möglichst breiten Spektrum von Anwendungen zugänglich zu machen. Generische Umgebungsmodelle können im Sinne des „Data Sharings“ von einer großen Anzahl von kontextbezogenen Anwendungen gemeinsam genutzt werden, wodurch sich der hohe Aufwand für die Erfassung, Verwaltung und Konsistenzhaltung der Modellinformation auf eine große Anzahl von Anwendungen verteilt. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist dies eine zentrale Voraussetzung dafür, dass umfangreiche und detaillierte Umgebungsmodelle überhaupt entstehen können.

Große, ja weltumspannende Umgebungsmodelle werden so möglich, wodurch mobilen Anwendungen bzw. Nutzern annähernd überall umfassende Kontextinformation zur Verfügung steht. Ferner ist die geographische Ausdehnung des für eine Anwendung erforderlichen Kontexts nahezu unbegrenzt, was beispielsweise für global operierende *Tracking*- und *Monitoring*-Applikationen unabdingbare Voraussetzung ist. Außerdem verringert sich der Aufwand für die Realisierung einer kontextbezogenen Anwendung signifikant, wenn auf bestehende Umgebungsmodelle zurückgegriffen werden kann. Es ist deshalb zu erwarten, dass mit der Verfügbarkeit generischer Umgebungsmodelle die Verbreitung kontextbezogener Anwendungen vehement beschleunigt wird.

Der seit dem 1.1.2003 an der Universität Stuttgart von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Sonderforschungsbereich 627 „Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme“ befasst sich unter der

Leitung des Sprechers Prof. Dr. Kurt Rothermel mit dem Problem der Realisierung föderierter Umgebungsmodelle, was nicht nur Aspekte der Modellierung und Verwaltung von Umgebungsinformation, sondern auch Fragen der Kommunikation, Daten- und Sensorintegration und Präsentation von Modellinformation beinhaltet. Der Sonderforschungsbereich gliedert sich in 14 wissenschaftliche Teilprojekte aus sechs Disziplinen (Informatik, Elektrotechnik, Photogrammetrie, Verkehrswesen, Fertigungstechnik und Technikphilosophie) mit einem Informatik-Schwerpunkt.

Der Sonderforschungsbereich geht auf eine Forschergruppe zurück, die vom Institut für Photogrammetrie (Prof. Fritsch), dem Institut für Kommunikationsnetze und Rechnersysteme (Prof. Kühn) und dem Institut für Parallele und Verteilte Systeme (Prof. Rothermel, Prof. Mitschang) gebildet wurde. In drei Jahren erfolgreicher Forschung stellte sich heraus, dass eine Ausweitung des Projekts auf weitere Bereiche notwendig ist, um dieses zukunftssträchtige Forschungsgebiet im internationalen Vergleich adäquat zu besetzen. Die hierfür notwendige Größe hat zu der Bildung eines interdisziplinären Sonderforschungsbereichs geführt.

2. Wissenschaftliches Gesamtziel

Der Kern des Sonderforschungsbereichs besteht in der Erforschung von Konzepten und Verfahren zur Definition, Verwaltung und Benutzung eines generischen Umgebungsmodells für kontextbezogene Systeme. Diesem Forschungsziel kommen die Arbeiten im Bereich lokations- bzw. kontextbezogener Systeme fachlich am nächsten. Ausgehend von den kommerziellen Anwendungen, die in letzter Zeit auf den Markt gekommen sind, stellt man fest, dass diese auf sehr einfachen homogenen und proprietären Modellen aufbauen. Sie berücksichtigen nur die Position eines einzelnen Benutzers relativ zu den Informationen, die zur Verfügung gestellt werden. Eine Integration der Modelle zu einer föderierten offenen und erweiterbaren Plattform als Basis für eine Vielzahl von Anwendungen wie im geplanten Vorhaben ist für die absehbare Zukunft nicht zu erkennen. Auch bezüglich der lokations- und kontextbezogenen Systeme in der Forschung überwiegen isolierte Anwendungen ohne generisches Umgebungsmodell.

Der Sonderforschungsbereich geht weit über den aktuellen Stand der Wissenschaft in diesem Gebiet hinaus. Der Beitrag des Sonderforschungsbereichs werden Methoden zur Entwicklung umfassender und zugleich detaillierter generischer Umgebungsmodelle sein, die – eingebettet in eine Systemplattform, die Nexus-Plattform – die Grundlage eines breiten Spektrums zukünftiger kontextbezogener Anwendungen sein werden.

Dabei erstreckt sich das Spektrum und damit auch die Komplexität des Modells entlang der im folgenden erläuterten Dimensionen: Modellierbare Objekte, Zeitkonzepte und Systemstrukturen.

Modellierte Objekte: Umgebungsmodelle werden Repräsentanten einer Vielzahl stationärer und mobiler Objekte der realen Welt enthalten. Außerdem werden sie angereichert sein durch virtuelle Objekte, die Ankerpunkte zu Informationen in existierenden Informationsräumen oder Diensten realisieren. Modellobjekte können folgendermaßen klassifiziert werden:

Geographische Objekte, wie etwa Straßen, Gebäude oder Räume, werden die Grundlage vieler Umgebungsmodelle bilden. Typischerweise werden hierfür 2D-, 2,5D- oder 3D-Repräsentationen Anwendung finden.

Mobile Objekte sind mit dynamischer Positionsinformation assoziiert. Beispiele sind Personen, Fahrzeuge oder „smarte“ Alltagsgegenstände.

Virtuelle Objekte dienen als Ankerpunkte für Datenobjekte und Dienste. Sie sind die konzeptionelle Grundlage für die Verknüpfung realer Objekte mit bestehenden Informationsräumen, wie etwa dem WWW oder digitalen Bibliotheken. Beispiele sind virtuelle Post-Its zur Annotation von realen Objekten oder virtuelle Litfasssäulen zur „Platzierung“ von Information in der realen Welt.

Objekte mit dynamischem Zustand modellieren dynamische Zustände der repräsentierten realen Objekte. Ein Beispiel ist die Konfiguration und der Abnutzungsgrad eines technischen Werkzeugs.

Mit *interaktiven Objekten* können Anwendungen in Interaktion treten. Sind diese Objekte mit Aktoren verbunden, können Effekte in der Realität erzielt werden und somit können Änderungen im Modell zu Änderungen in der realen Welt führen.

Zeitkonzepte: Durch die Integration von *Zeitkonzepten* können Umgebungsmodelle mehr als „nur“ den aktuellen Zustand des modellierten Ausschnitts der Realität reflektieren. Die Berücksichtigung der zeitlichen Dimension erschließt die Möglichkeit, auch Zustände der Vergangenheit und prognostizierte Zustände der Zukunft aufzunehmen, wodurch zeitbezogene Anfragen und Analysen möglich werden. Beispielsweise werden Anfragen der Art „Welche Personen haben an der Sitzung in Raum 20.03 am 20.3.2000 teilgenommen und welche Dokumente wurden bei dieser Sitzung erstellt?“ möglich. Die Integration von Zeit erschließt eine Reihe innovativer Anwendungsfelder, etwa Stauanalysen und –prognosen im Bereich der Verkehrstelematik.

Systemstrukturen: Neben den traditionellen *infrastrukturbasierten* Systemstrukturen sollen auch *infrastrukturlose* Systemansätze betrachtet werden. Letztere finden Anwendung in Bereichen, wo entsprechende Netz- und Server-Infrastrukturen nicht zur Verfügung stehen oder sich eine spontane Vernetzung von Rechnerknoten aus Gründen der Effizienz oder Sicherheit anbietet. Daher kann man davon ausgehen, dass Umgebungsmodelle sowohl in infrastrukturbasierten als auch infrastrukturlosen Systemstrukturen Anwendung finden werden. Beim infrastrukturbasierten Ansatz werden Umgebungsmodelle von einer (hochgradig verteilten) Infrastruktur verwaltet, die demzufolge Sensordaten

empfängt und in das föderierte Umgebungsmodell integriert sowie Anwendungen über geeignete Schnittstellen den Zugriff auf Modellinformation erschließt. Beim infrastrukturlosen Ansatz existiert im Extremfall weder eine Netz- noch eine Server-Infrastruktur. Die mobilen Endgeräte der Nutzer bilden ein Ad-hoc-Netz, erfassen den Zustand ihre Umgebung durch eigene Sensorik und bringen die erfassten Sensordaten in ein kooperativ verwaltetes Umgebungsmodell ein. In hybriden Systemstrukturen findet eine Integration der von der Infrastruktur verwalteten (Teil-)Modelle und den ad – hoc verwalteten (Teil-)Modellen statt.

Durch Informationen aus dem Umgebungsmodell lassen sich auch eine Vielzahl von Verbesserungen existierender Kommunikationsstrategien aus dem Mobile-Computing-Bereich erreichen, wie z.B. bei der Vorabübertragung von Daten. Andere Kommunikationsmechanismen, wie das Senden von Nachrichten in eine geographische Region, werden durch Umgebungsmodellinformationen erst möglich. Ebenfalls einzigartig ist der breit angelegte interdisziplinäre Ansatz zur Bewältigung dieser anspruchsvollen Forschungsaufgabe. Die Konzepte und Verfahren zur Realisierung des Umgebungsmodells werden beispielsweise nicht nur durch verschiedene Anwendungen, sondern auch durch die Charakteristika der Sensorsysteme und Visualisierungsverfahren beeinflusst. Ebenso spielen gesellschaftliche Aspekte sowie Fragen des Datenschutzes und der Datensicherheit eine Rolle, die berücksichtigt werden müssen, will man eine hohe Akzeptanz einer solchen Technologie erzielen. Insbesondere ergeben sich folgende Teilprobleme:

Modellierung von Umgebungsinformation: Um die Umgebungsinformation den Anwendungen in geeigneter Form zugreifbar zu machen, muss eine Modellierung gefunden werden, die zum einen vielseitig genug ist, um verschiedene Anwendungen zu unterstützen, zum anderen einheitlich genug, um eine gemeinsame Verarbeitung von Umgebungsinformation aus verschiedenen Quellen zu ermöglichen. Dabei sind zum einen Objekte der realen Welt zu berücksichtigen, welche die Anwendungen in einen räumlichen Kontext stellen, wie auch rein virtuelle Objekte, die als Metaphern für Ankerpunkte von ortsrelevanten Informationen dienen.

Föderierte Verwaltung von Umgebungsmodellen: Trotz der Vielzahl heterogener Umgebungsmodelle verschiedener Datenanbieter soll den Anwendungen eine einheitliche, föderierte Sicht auf ihren Kontext geboten werden. Dabei müssen verschiedene Objekttypen aufeinander abgebildet werden. Auch kann dasselbe Realweltobjekt von mehreren Informationsquellen auf verschiedene Weise dargestellt werden: diese Mehrfachrepräsentation gilt es zu erkennen und zu behandeln.

Kommunikation: Ziel muss es sein, mobilen Benutzern Zugriff auf die Modellinformation an jedem Ort und zu jeder Zeit zu gewährleisten. Ein Problem dabei ist die Heterogenität der drahtlosen Zugangsnetze, zwischen denen ein nahtloser Übergang zu gewährleisten ist. Ein

weiteres Problem stellen der häufige Verlust der Netzverbindung bzw. Verbindungen mit geringer Bandbreite bzw. hohen Kosten dar, was mit adäquaten Caching- oder Hoarding-Verfahren abgemildert werden kann. Auf höherer Ebene stellt sich das Problem geeigneter Kommunikationskonzepte zur Interaktion von Anwendungen mit dem Umgebungsmodell, wobei sowohl Pull- als auch Push-Ansätze relevant sind. Schließlich stellt sich die Frage nach innovativen Kommunikationskonzepten und Optimierungsverfahren, die durch das Vorhandensein von Umgebungsmodellen erst möglich werden.

Sicherheit: Das Hauptziel besteht darin, die Privatsphäre der Beteiligten während der Benutzung der Plattform sicherzustellen. Trotz allgegenwärtiger Vernetzung und allgegenwärtiger Umgebungsinformation muss der Benutzer jederzeit die volle Kontrolle über die Aufdeckung seiner persönlichen Daten besitzen. Die im Sonderforschungsbereich angedachten Ad-hoc-Netze bringen zusätzliche Schwierigkeiten in dieses Problemfeld ein. Darüber hinaus müssen die Interessen und Schutzziele aller Beteiligten sichergestellt und gegeneinander in ein ausgewogenes Verhältnis gebracht werden. Beispiele für derartige Interessen sind Zurechenbarkeit von Benutzeraktionen oder auch Möglichkeiten, Repräsentationen der Benutzer im System bzw. andere Daten in deren Eignung zur Weiterverarbeitung zu bewerten. Das Ausnutzen der Umgebungsmodelle birgt ein großes Potenzial für neuartige Sicherheitskonzepte und -mechanismen zum Erreichen der oben genannten Ziele.

Integration von Sensorinformation: Die Aufgabe, die sich hier stellt, ist die Nutzung von unterschiedlichen Sensoren, um die Umgebung zu erfassen, sich relativ zu dieser zu positionieren und den Bezug zu einem Umgebungsmodell herzustellen. Hierbei ist es stark kontextabhängig, welche Sensoren bzw. Sensorkombinationen verwendet werden. Durch die daraus folgende Integration verschiedener Sensoren ergibt sich eine Heterogenität in den gewonnenen Daten. Sie müssen daher entsprechend aufbereitet werden, um als Informationsquelle für andere Dienste verfügbar zu sein. Beispielsweise liefern bildgebende Sensoren zunächst nur ein Bild, das als solches nicht unbedingt für weitere Dienste genutzt werden kann. Wird das Bild aber weiter verarbeitet, so kann man darin z.B. Objekte identifizieren und dann diese Information an einen Dienst weiterleiten oder es lassen sich sogar Koordinaten der eigenen Position daraus ableiten, die dann in dieser Form an einen Lokationsdienst weitergeleitet werden können. Ein zusätzliches Problem ist die Beschränkung mancher Sensoren auf bestimmte Gebiete. Insbesondere geht es dabei um die Unterteilung in Sensoren, die nur außerhalb von Gebäuden bzw. nur innerhalb von Gebäuden funktionieren. Mit dem Übergang zwischen diesen Gebieten ist auch ein nahtloser Übergang zwischen Sensorsystemen sicherzustellen.

Konsistenz: Bei einer föderierten und offenen Systemumgebung wie der angestrebten stellen sich unweigerlich Fragen der Konsistenzerhaltung. Zum einen

müssen Änderungen der Realwelt zeitnah in die Umgebungsmodelle eingebracht werden. Zum anderen muss aber auch die Konsistenz innerhalb der Umgebungsmodelle – wenn z.B. eine Anwendung eine Änderung vornimmt – gewährleistet werden.

Präsentation von Modellinformation: Letztendlich ist ein Großteil der Informationen, die kontextbezogen im Umgebungsmodell zur Verfügung stehen, nur von Nutzen, wenn sie von den Benutzern auch wahrgenommen und verstanden werden können. Dies erfordert eine adäquate, multimediale Präsentation der Informationen und Möglichkeiten zur intuitiven Interaktion mit den mobilen Geräten. Hierbei sind die limitierten Ausgabemöglichkeiten tragbarer Geräte und die teils begrenzte Wahrnehmungsfähigkeit der Menschen besonders zu berücksichtigen und eine Adaption an diese vorzunehmen. Konkret erfordern die geringe Darstellungsfläche kleiner Geräte und die beschränkte Bandbreite drahtloser Kommunikation eine enorme Kompaktifizierung der graphisch präsentierten 2D- und 3D-Objekte, vor allem, wenn mit dieser Information die reale Welt augmentiert werden soll.

Berücksichtigung gesellschaftlicher Aspekte:

Schließlich sollen auch Fragen der Akzeptabilität der durch die auf den Umgebungsmodellen basierenden Anwendungen veränderten Welt- und Selbstverhältnisse der Nutzer (Wirklichkeitserfahrung, Kompetenzentwicklung, Sicherheit und Risikomanagement, Kommunikationsstrategien) untersucht werden. Dies dient einerseits der Evaluierung der verwendeten Technologie als solcher, andererseits aber auch einer Bewertung der in den Anwendungsprojekten entwickelten Systeme. Darüber hinaus sollen neue Anwendungsvisionen erschlossen und insbesondere unter dem Gesichtspunkt von Vertrauenswürdigkeit, Datenschutz- und Datensicherheitsbedürfnissen mit der gesellschaftlichen Akzeptabilitätsbasis abgeglichen werden. Ferner sind neue Kommunikations- und Mobilitätsprofile im Spannungsverhältnis zwischen bereits eruierten Nutzerprofilen einerseits und einer Adaptionfähigkeit der Systeme andererseits angesichts einer Dynamisierung der Kontexte und der Nutzerinteressen zu reflektieren. Zusätzlich zu einer rückblickenden Bewertung der Projektkonzeption sollen hierdurch auch Tendenzen für eine sinnvolle Weiterentwicklung des Projekts erarbeitet werden.

Organisation des SFB

Die große inhaltliche Breite der Forschungsfragen bedingt eine interdisziplinäre Bearbeitung der Thematik. Abbildung 1 skizziert die Aufteilung des Forschungsgebiet in vier Kernbereiche, die jeweils den Projektbereichen des Sonderforschungsbereichs entsprechen.

Zentral für die Erstellung und Nutzung von Umgebungsmodellen ist das Informationsmanagement. Darunter ist die Definition, Modellierung und das

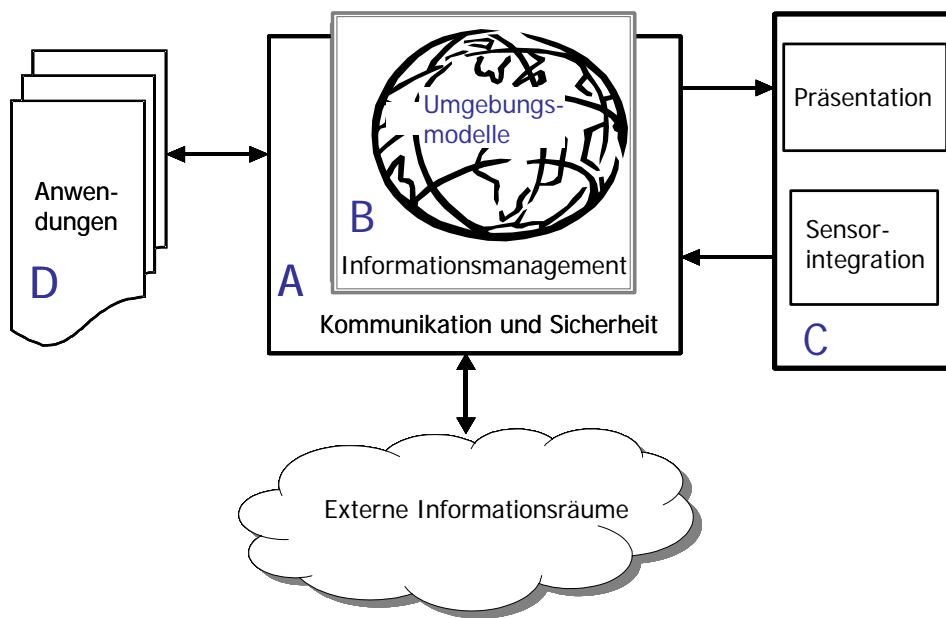


Abbildung 1 Organisation des SFBs

Management von Umgebungsmodellen zu verstehen. Die sich hieraus ergebenden Fragestellungen werden im Projektbereich „B Definition und Management von Umgebungsmodellen“ behandelt.

Damit Anwendungen die Informationen des Umgebungsmodells nutzen können, ist eine geeignete Kommunikationsinfrastruktur bereit zu stellen. Hierbei

A Kommunikation und Sicherheit	B Definition und Management von Umgebungsmodelle	C Modellpräsentation und Sensorik	D Anwendungen und Akzeptanzfragen
A1 Kommunikationsplattform für mobile kontextbezogene Dienste	B1 Modellierung und Verwaltung des Umgebungsmodells	C1 Sensorik und Bildverarbeitung	D1 Umgebungsmodell für das Management intelligenter Betriebsmittel in der Produktion (Smart Factory)
A2 Entkoppelter Betrieb und modellbasierte Kommunikation	B2 Integration, Analyse und Fortführung heterogener Geodaten		D2 Navigations- und Orientierungshilfen für Blinde
A3 Datenschutz und Datensicherheit in offenen Systemen mit Umgebungsmodellen	B3 Lokationsmanagement und Informationsdiffusion	C3 Interpretation multisensorieller und inkonsistenter Sensordaten	D3 Szenario- und handlungstheoriebasierte Bewertung und Reflexion von Nexus- Anwendungen
A4 Modellierung und Simulation von Benutzer-mobilität und -verkehr im Umgebungsmodell		C4 Semantische Generalisierung räumlicher Daten	
		C5 Abstraktion des Umgebungsmodells für AR-Anwendungen	

Abbildung 2 Teilprojekte des SFBs

sind auch Bedürfnisse von Anwendern nach bestimmten Schutzziele zu berücksichtigen und zu integrieren. Der Projektbereich „A Kommunikation und Sicherheit“ widmet sich mit seinen Teilprojekten den kommunikations- und sicherheitsbezogenen Fragestellungen.

Der Projektbereich „C Modellpräsentation und Sensorik“ stellt die Verbindung zwischen Umgebungsmodellen und realer Welt her. Zum einen geht es um Fragestellungen, wie Sensorinformationen konsistent in das Umgebungsmodell integriert werden können, zum anderen geht es darum, wie die Informationen des Umgebungsmodells dem Benutzer präsentiert werden können.

Projektbereich „D Anwendungen und Akzeptanzfragen“ beschäftigt sich mit Anwendungen und gesellschaftlichen Fragestellungen, die die Grundlage für die Evaluation der Konzepte aus den Projektbereichen A bis C bilden.

Aus Abbildung 2 ist ersichtlich, wie sich die einzelnen Teilprojekte des SFBs in die Projektbereiche einordnen. Im folgenden sollen die thematischen Schwerpunkte dieser Bereiche kurz vorgestellt werden.

Projektbereich A Kommunikation und Sicherheit

Im Projektbereich A bilden Fragestellungen der Kommunikation und Sicherheit in mobilen Systemen den fachlichen Schwerpunkt. Umgebungsmodelle stehen auch hier im Mittelpunkt der Forschung, und zwar in zweierlei Hinsicht. Erstens sollen Sicherheits- und Kommunikationsmechanismen entwickelt werden, welche als Grundlage für die Realisierung des föderierten Umgebungsmodells dienen. Dabei wird das Umgebungsmodell selbst genutzt, um die Kommunikationsvorgänge effizienter und robuster gegenüber Netzverlust zu machen. Zweitens soll untersucht werden, welche neuen Kommunikations- und Sicherheitskonzepte sich auf der Grundlage eines umfassenden Umgebungsmodells ergeben.

Weiterhin werden realitätsnahe Mobilitätsmodelle untersucht, welche als methodische Grundlage bei der Entwicklung von zugriffsoptimierenden Verfahren und der Leistungsanalyse der Protokolle dienen.

Projektbereich B Definition und Management von Umgebungsmodellen

Die zentrale Aufgabe dieses Forschungsbereiches ist die Bereitstellung des Dienstes „Umgebungsmodell“. Zum einen sollen Informations-, Daten- und auch Dienstanbieter integriert werden können und somit zu einer Modellerweiterung beitragen. Zum anderen, sollen alle vorhandenen Modellinhalte den Anwendungen zur Benutzung in adäquater Weise zur Verfügung gestellt werden. Entsprechend dieser Aufgabenstellung setzt sich dieser Forschungsbereich aus Teilprojekten zusammen, die Fragen zu Systemarchitektur, Datenföderation, Datenverarbeitung, Datenkonsistenz und auch

Datenaktualisierung sowie zur Benutzung des Dienstes „Umgebungsmodell“ bearbeiten.

Das Umgebungsmodell umfasst ortsbezogene Daten und Objekte, die aus den teilweise proprietären Daten verschiedener Informationsanbieter aufgebaut sind und den Anwendungen in vereinheitlichter Darstellung und Sprache zur Verfügung gestellt werden. Im Kern des Modells werden sowohl stationäre und mobile Objekte der realen Welt als auch virtuelle Objekte als Ankerpunkte für ortsbezogene Informationen dargestellt und verwaltet. Damit wird die reale Welt zur „Augmented World“ angereichert, in der Informationen an Orten residieren und somit für ortsbezogene Anwendungen und ihre Benutzer zugreifbar sind (z.B. durch Überlagerung mit der Realwelt in sog. Augmented-Reality-Anwendungen). Ergänzend dazu werden auch Informationen über die Infrastruktur selbst (etwa Netzwerktopologien und Dienste oder aber auch ganze Applikationen) verwaltet. Dieser umfassende, modellbasierte Ansatz eröffnet viele Möglichkeiten hinsichtlich Offenheit und Erweiterbarkeit, Adaptivität und auch Selbstorganisation. Damit wird es möglich sein, Änderungen der Infrastruktur den betroffenen Diensten und Applikationen bekannt zu machen, so dass diese auf die Veränderungen entsprechend reagieren können, also ein gewisses Maß an Adaptivität zeigen. Der Austausch und das Hinzufügen von Systemkomponenten (Services, Datenquellen etc.) wird ebenso ermöglicht wie die Wiederverwendung von Diensten und Datenservices in unterschiedlichen Anwendungen.

Projektbereich C Modellpräsentation und Sensorik

Während sich die Forschungsbereiche A und B auf unterschiedliche Realisierungsaspekte des Umgebungsmodells konzentrieren, beschäftigen sich die Projekte des Forschungsbereichs C mit der Problematik, wie neue Daten in das Umgebungsmodell importiert bzw. wie Informationen aus dem Umgebungsmodell effizient präsentiert werden können. Da die Schnittstellen des Umgebungsmodells und der angebotenen Dienste zur realen Welt äußerst vielfältig sind, konzentrieren sich die Arbeiten in diesem Forschungsbereich auf Ein- und Ausgabemechanismen mit einem gewissen Raumbezug. Ortsbezogene Dienste erfordern einerseits Methoden zur Aufnahme von relevanten Objekten und deren räumlicher Beziehung in das Umgebungsmodell, zum anderen Sensoren zur Positionierung eines mobilen Systems relativ zu diesem Modell und zur automatisierten Nachführung und Aktualisierung des Umgebungsmodells, und schließlich Verfahren zur Präsentation von abstrakten Informationen aus dem Umgebungsmodell, die die reale Welt augmentieren. Daher werden grundlegende Aspekte sensorischer Eingabe, geometrischer Segmentierung und Abstraktion sowie multimedialer Ausgabe speziell im Hinblick auf portable Geräte mit Ortsbezug untersucht. Damit kommt diesen Projekten eine Mittlerrolle zwischen den konkreten Anwendungen des Forschungsbereichs D

und den Basistechnologien mobile und sichere Kommunikation und Föderation zu.

Projektbereich D Anwendungen und Akzeptanzfragen

Die Leistungsfähigkeit und Allgemeinheit der im Sonderforschungsbereich realisierten Konzepte wird unter anderem durch die Anwendungsprojekte demonstriert. Diese Projekte haben zwar ihr eigenes durch das jeweilige Szenario geprägtes Forschungsprofil, sie bauen jedoch gleichzeitig auf den Konzepten des Umgebungsmodells und auf der gesamten Nexus-Technologie und -Plattform auf. Einerseits werden aus diesen Anwendungen konkrete Anforderungen an das Umgebungsmodell und an das Nexus-System abgeleitet. Andererseits bilden sie die Grundlage für eine Evaluation der Basisdienste. Dabei nutzen sie die jeweils aktuelle Technologie bei Endgeräten, Sensorik und Kommunikationsmechanismen, wobei sich die Anwendungsprojekte in der ersten Förderphase auf den Indoor-Bereich beschränken.

Eng verknüpft mit den Anwendungen sind Fragen der Akzeptabilität der neu entwickelten Technologien und Systeme. Diese sollen in einem weiteren Teilprojekt untersucht und dabei auch neue Anwendungsvisionen und Forschungsrichtungen für zukünftige Projekte erschlossen werden.

Arbeitskreise

Wichtige projektübergreifende Querschnittsthemen des Sonderforschungsbereichs werden in zwei Arbeitskreisen behandelt. Zum einen ist dies der Arbeitskreis „Modellierung und Konsistenz“ und zum anderen der Arbeitskreis „Mobilität und Sicherheit“.

Der Arbeitskreis „Mobilität und Sicherheit“ beschäftigt sich mit unterschiedlichen Fragestellungen zur Mobilitätsmodellierung und Nutzermobilität, sowie dem Thema Sicherheit. Aspekte sind dabei die Modellierung und Beschreibung von Mobilität und die Auswirkungen der Nutzermobilität auf die Systemplattform. Die Sicherheitsbedürfnisse aller an der zugrundegelegten Systemplattform Beteiligter (Nutzer, Kommunikationsanbieter, Dienstleister, etc.) haben starke Auswirkungen auf das gesamte Forschungsvorhaben. Die beiden Kernfelder dieses Arbeitskreises beeinflussen sich auch stark gegenseitig. Dieser Arbeitskreis soll daher dazu genutzt werden, die wechselseitigen Auswirkungen von Mobilität und Sicherheit grundsätzlich zu untersuchen und zu diskutieren.

Der Arbeitskreis „Modellierung und Konsistenz“ koordiniert die Beiträge der verschiedenen Teilprojekte zu den Schwerpunktthemen „Modellierung“ und „Konsistenz“. Bezüglich der Modellierung betrifft das unter anderem die Modellierung von Sensoren und

Sensordaten, der Netzinfrastruktur und die Anforderung an dreidimensionale Daten im Modell. Zudem werden hier Fragen der Gesamtarchitektur diskutiert, um ein effizientes Verarbeiten der Umgebungsmodelle zu ermöglichen. Viele Teilprojekte beschäftigen sich mit Konsistenz, entweder innerhalb des Umgebungsmodells oder zwischen der realen Welt und dem Umgebungsmodell. Die sich daraus ergebenden Konsistenzbegriffe müssen miteinander abgeglichen und der Umgang mit Inkonsistenzen koordiniert werden. Auch hier wurden zwei großen Themenbereiche in einem Arbeitskreis zusammengefasst, um Querbezüge zwischen Modellierung und Konsistenz aufgreifen zu können.

Zusammenfassung

Der Sonderforschungsbereich „Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme“ erforscht Methoden und Verfahren für die Erstellung, das Management und die Nutzung von Umgebungsmodellen. In vier thematischen Schwerpunkten, Kommunikation und Sicherheit, Definition und Management von Umgebungsmodellen, Modellpräsentation und Sensorik, sowie Anwendungen und Akzeptabilitätsfragen, werden umfassende Grundlagen für dieses zukunftsweisende Thema erarbeitet.

Ausgewählte Publikationen

- [1] Martin Bauer, Christian Becker und Kurt Rothermel: Location Models from the Perspective of Context-Aware Applications Mobile Ad Hoc Networks. In: Personal and Ubiquitous Computing. Vol. 6(5-6), S. 322-328, Springer-Verlag, Dezember 2002.
- [2] J. Baumann, P. Coschurba, U. Kubach und A. Leonhardi: Metaphors for Context-Aware Information Access; in Springer Personal Technologies Journal 5(1), S. 16-19, 2001.
- [3] P. Coschurba, K. Rothermel und F. Dürr: A Fine-Grained Addressing Concept for GeoCast; Proceedings of the International Conference on Architecture of Computing Systems 2002 (ARCS '02); Karlsruhe, 2002.
- [4] D. Fritsch, D. Klinec und S. Volz: NEXUS - Positioning and Data Management Concepts for Location Aware Applications; in Proc. of the 2nd International Symposium on Telegeoprocessing, Nice-Sophia-Antipolis, France, 2000.
- [5] B. Gloss: Ortsbewusste Anwendungen mit Nexus; Vorträge der ITG Fachtagung Neue Kommunikationsanwendungen in modernen Netzen, ITG-Fachbericht 171, 2002, S. 179-180.

- [6] C. Hauser, M. Kabatnik: Towards Privacy Support in a Global Location Service; Proceedings of the IFIP Workshop on IP and ATM Traffic Management (WATM/EUNICE 2001), Paris, 2001, S. 81-89.
- [7] F. Hohl, U. Kubach, A. Leonhardi, K. Rothermel und M. Schwehm: Next Century Challenges: Nexus - An Open Global Infrastructure for Spatial-Aware Applications; in Proc. of the Fifth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'99), Seattle, Washington, USA, T. Imielinski, M. Steenstrup, (Eds.), S. 249-255, ACM Press, 1999.
- [8] D. Klinec und D. Fritsch: Acquisition of Position Information for Location Aware Applications using Multi Sensors and Mobile Photogrammetry; in Proc. of ION '01, Salt Lake City, USA, 2001.
- [9] U. Kubach und K. Rothermel: Exploiting Location Information for Infostation-Based Hoarding; Proc. of the 7th Annual ACM Int. Conf. on Mobile Computing and Networking, Rom, Italien, 2001, pp. 15-27.
- [10] P. J. Kühn: Evolution of networks and services towards a ubiquitous virtual environment; Proceedings of the International Seminar on Teletraffic and Networks (ISTN 2000), Hangzhou/China, November 2000, S. 457-462.
- [11] A. Leonhardi, U. Kubach und K. Rothermel: Virtual Information Towers - A Metaphor for Intuitive, Location-Aware Information Access in a Mobile Environment; in Proc. of the Third International IEEE Symposium on Wearable Computers (ISWC'99), San Francisco, CA, USA, IEEE Press, 1999.
- [12] A. Leonhardi und K. Rothermel: A Comparison of Protocols for Updating Location Information; in Baltzer Cluster Computing Journal, 4(4), S. 355-367, Baltzer Science Publishers, 2001.
- [13] D. Nicklas und B. Mitschang: The Nexus Augmented World Model: An Extensible Approach for Mobile, Spatially-Aware Applications; in Proc. of the 7th International Conference on Object-Oriented Information Systems (OOIS 2001), Calgary, Canada, S. 392-401, 2001.

- [14] D. Nicklas, M. Großmann, T. Schwarz, S. Volz, B. Mitschang: A Model-Based, Open Architecture for Mobile, Spatially-Aware Applications; in Proc. of the 7th International Symposium on Spatial and Temporal Databases, Redondo Beach, CA, USA, S. 117-135, 2001.
- [15] S. Röttger und T. Ertl: Hardware-Accelerated Terrain Rendering by Adaptive Slicing; in Workshop on Vision, Modelling, and Visualization VMV '01 , S. 159-168. infix, 2001.
- [16] S. Stegmaier, M. Magallón und T. Ertl: A Generic Solution for Hardware-Accelerated Remote Visualization; in Proceedings of EG/IEEE TCVG Symposium on Visualization VisSym '02 , 2002.
- [17] S. Volz und M. Sester: Nexus - Distributed Data Management Concepts For Location Aware Applications; in Proc. of the International Workshop on Emerging Technologies for Geo-based Applications, Ascona, Switzerland, 2000.
- [18] S. Volz, M. Sester, D. Fritsch und A. Leonhardi: Multi-scale Data Sets in Distributed Environments; International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B4, Technical Iv/i, Amsterdam, 2000.
- [19] S. Volz und J.-M. Bofinger: Integration of Spatial Data within a Generic Platform for Location-Based Applications. Erscheint in: Proceedings of the Joint International Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada.

Autoreninformationen

Prof. Dr. rer. nat. Dr. h.c. Kurt Rothermel hat von 1975 bis 1981 Informatik an der Universität Stuttgart studiert und mit dem Diplom abgeschlossen. Nach seinem Studium wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Informatik der Universität Stuttgart und promovierte dort 1985. Von 1986 bis 1987 war Kurt Rothermel "Post-Doctoral Fellow" im IBM Almaden Research Center in San Jose, U.S.A. Im Jahre 1988 trat er in die IBM Deutschland ein. Seit 1991 hat er eine Professur an der Fakultät Informatik der Universität Stuttgart inne und leitet die Abteilung "Verteilte Systeme" am Institut für Parallele und Verteilte Systeme. Seit 1999 ist er Koordinator der Forschergruppe „Entwicklung von Konzepten und Verfahren zur systemseitigen Unterstützung von ortsbezogenen Anwendungen mit hohen mobilen Nutzern“ („Nexus“), welche die fachliche Ausgangsbasis des Sonderforschungsbereichs „Umgebungsmodelle für mobile kontext-bezogene Systeme“ bildet, dessen Sprecher er ist.

Dipl.-Inf. Martin Bauer hat an der Universität Stuttgart und der University of Oregon Informatik

Autor	Titel	Dateiname	Datum	Seite
Kurt RothermelTP PT, Martin Bauer, Christian Becker	Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme	nexus-it- 20030527.mb.rtf	26.11.2003	15 (16)

studiert und jeweils 1998 mit dem „Master of Science“ (University of Oregon) und 2000 mit Diplom abgeschlossen. Seit September 2000 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Parallele und Verteilte Systeme der Universität Stuttgart. Dabei beschäftigt er sich im Rahmen des Nexus-Projekts mit lokations- bzw. kontextbezogenen Systemen. Desweiteren forscht er in einem Kooperationsprojekt mit Microsoft Research in Cambridge an der verteilten Beobachtung von räumlichen Ereignissen.

Dr. phil. nat. Christian Becker hat an den Universitäten Karlsruhe (TH) und Kaiserlautern Informatik studiert. Nach seinem Diplom 1996 hat er an der Universität Frankfurt über Dienstgüte-Management in verteilten Objektesystemen 2001 promoviert. Seit April 2001 arbeitet er im Bereich kontextbezogener Systeme am Institut für Parallele und Verteilte Systeme der Universität Stuttgart. Er ist Mitglied des SFB 627 und gemeinsam mit Kurt Rothermel Teilprojektleiter des Teilprojekts „Lokationsmanagement und Informationsdiffusion“.